

6.	<b>SEMICONDUCTOR</b>	<b>LASER</b>	<b>DEVICE</b>
PAJ	02-01-98	10051065	JP NDN- 043-0097-6596-4

**INVENTOR(S)-** KAWACHI, YASUYUKI; UENO, AKIRA; NAKANISHI, HIDEYUKI;  
YOSHIMURA, AKIO

<b>PATENT</b>	<b>APPLICATION</b>	<b>NUMBER-</b>	08204570
<b>DATE</b>	<b>FILED-</b>		1996-08-02
<b>PUBLICATION</b>	<b>NUMBER-</b>	10051065	JP
<b>DOCUMENT</b>	<b>TYPE-</b>		A
<b>PUBLICATION</b>	<b>DATE-</b>		1998-02-20
<b>INTERNATIONAL</b>	<b>PATENT</b>	<b>CLASS-</b>	H01S00318
<b>APPLICANT(S)-</b>	MATSUSHITA	ELECTRON	CORP
<b>PUBLICATION</b>		<b>COUNTRY-</b>	Japan

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the radiation quality of a semiconductor laser device, by filling a recess, provided in a laser mount so that an opening may be located opposite a semiconductor laser chip, with a heat sink having a higher thermal conductivity than the laser mount.

**SOLUTION:** In a semiconductor laser device, a semiconductor laser chip 1 formed out of such a compound semiconductor as GaAs, an electrode layer 12, a laser mount 2 created out of Si substrate and a heat sink 3 are fastened by thermo-compression bondings, etc., using solders, etc. A recess 2a of the laser mount 2 is filled with a heat sink 4 formed out of copper whose thermal conductivity is higher than that of the laser mount 2. Since the thermal conductivity of the heat sink 4 is higher than that of the laser mount 2, the radiation quality of the semiconductor device can be improved in comparison with conventional ones.

**COPYRIGHT:**

(C)1998,JPO

NO-DESCRIPTORS .

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-51065

(43)公開日 平成10年(1998)2月20日

(51)Int.Cl.\*

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 S 3/18

H 01 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-204570

(22)出願日 平成8年(1996)8月2日

(71)出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72)発明者 河内 泰之

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

(72)発明者 上野 明

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

(72)発明者 中西 秀行

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

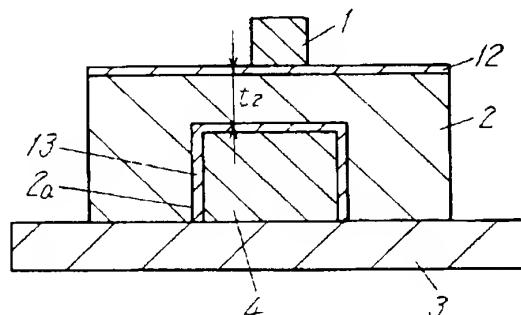
最終頁に統ぐ

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザチップにかかる応力を十分に抑え、製造が容易で、かつ放熱性の高い半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 レーザマウント2上に半導体レーザチップ1を設け、レーザマウント2に、開口が半導体レーザチップ1の反対側に位置するよう凹部2aを設け、凹部2aに前記レーザマウント2の熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体4を充填する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザマウント上に半導体レーザチップを有し、前記レーザマウントには、開口が前記半導体レーザチップの反対側に位置するように凹部が設けられ、前記凹部には、前記レーザマウントの熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体が充填されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記凹部における前記レーザマウントの厚さを20μm以上100μm以下としたことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 基板上に半導体レーザチップを有し、前記基板上に前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を検出するレーザ光検出器、外部から入射してくる光を検出する光検出器、前記光検出器から出力される信号を増幅する增幅回路、前記增幅回路から出力される信号を演算する演算回路、および前記半導体レーザチップの駆動回路のうち、少なくとも一つの検出器または回路を有し、前記基板には、開口が前記半導体レーザチップの反対側に位置するように凹部が設けられ、前記凹部には、前記基板の熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体が充填されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を、前記基板の主平面の法線方向に対してほぼ平行に反射させる反射鏡を、前記基板上に設けたことを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記凹部における前記基板の厚さを20μm以上100μm以下としたことを特徴とする請求項3または請求項4に記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 前記放熱体を金属で構成したことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】 レーザマウントと、前記レーザマウント上に設けられた放熱体層と、前記放熱体層上に設けられた半導体レーザチップとを有する半導体レーザ装置であって、前記放熱体層の熱伝導率は前記レーザマウントの熱伝導率よりも高いことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】 放熱体層を介して基板上に設けられた半導体レーザチップを有し、前記基板上に前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を検出するレーザ光検出器、外部から入射してくる光を検出する光検出器、前記光検出器から出力される信号を増幅する增幅回路、前記增幅回路から出力される信号を演算する演算回路、および前記半導体レーザチップの駆動回路のうち、少なくとも一つの検出器または回路を有し、前記放熱体層の熱伝導率は前記基板の熱伝導率よりも高いことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項9】 前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を、前記基板の主平面の法線方向に対してほぼ

平行に反射させる反射鏡を、前記基板上に設けたことを特徴とする請求項8記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】 前記放熱体層の構成元素を炭素とすることを特徴とする請求項7ないし請求項9のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項11】 前記放熱体層を金属で構成したことを特徴とする請求項7ないし請求項9のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項12】 前記放熱体層の厚さを50μm以下としたことを特徴とする請求項7ないし請求項11のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項13】 レーザマウントと、前記レーザマウント上に設けられた放熱体層と、前記放熱体層上に設けられた半導体レーザチップとを有し、前記レーザマウントには、開口が前記放熱体層の反対側に位置するように凹部が設けられ、前記凹部には、前記レーザマウントの熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体が充填された半導体レーザ装置であって、前記放熱体層の熱伝導率は前記レーザマウントの熱伝導率よりも高いことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項14】 前記凹部における前記レーザマウントの厚さを20μm以上100μm以下としたことを特徴とする請求項13記載の半導体レーザ装置。

【請求項15】 放熱体層を介して基板上に設けられた半導体レーザチップを有し、前記基板上に前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を検出するレーザ光検出器、外部から入射してくる光を検出する光検出器、前記光検出器から出力される信号を増幅する增幅回路、前記增幅回路から出力される信号を演算する演算回路、および前記半導体レーザチップの駆動回路のうち、少なくとも一つの検出器または回路を有し、前記基板には、開口が前記放熱体層の反対側に位置する凹部が設けられ、前記凹部には、前記基板の熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体が充填されており、前記放熱体層の熱伝導率は前記基板の熱伝導率よりも高いことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項16】 前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を、前記基板の主平面の法線方向に対してほぼ平行に反射させる反射鏡を、前記基板上に設けたことを特徴とする請求項15記載の半導体レーザ装置。

【請求項17】 前記凹部における前記基板の厚さを20μm以上100μm以下としたことを特徴とする請求項15または請求項16に記載の半導体レーザ装置。

【請求項18】 前記放熱体を金属で構成したことを特徴とする請求項13ないし請求項17のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項19】 前記放熱体層の構成元素を炭素とすることを特徴とする請求項13ないし請求項18のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項20】 前記放熱体層を金属で構成したことを

特徴とする請求項13ないし請求項18のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項21】前記放熱体層の厚さを50μm以下としたことを特徴とする請求項13ないし請求項20のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光情報処理、光計測、光通信等の分野に利用される半導体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体レーザ装置Aおよび半導体レーザ装置Bについて図13および図14を用いて説明する。

【0003】図13において、GaAs等の化合物半導体により形成された半導体レーザチップ1と、半導体レーザチップ1を搭載したレーザマウント2と、レーザマウント2を搭載したヒートシンク3とは、半田ソルダー等を用いた熱間圧着によりそれぞれ固着されている。半導体レーザチップ1において発生した熱は、レーザマウント2を経由して、ヒートシンク3へ放熱される。このとき、半導体レーザチップ1と、レーザマウント2との熱膨張率差に起因する半導体レーザチップ1への応力を軽減するために、レーザマウント2には、通常、半導体レーザチップ1との熱膨張率差が小さいSi等の材料が用いられる。

【0004】次に、基板上に半導体レーザチップ1および、検出器や信号処理回路等の回路素子を形成した半導体レーザ装置B(特開平6-203403号公報)の断面図を図14に示す。

【0005】図14において、半導体レーザチップ1、半導体で構成された基板22、およびヒートシンク3は、半田ソルダー等を用いた熱間圧着によりそれぞれ固着されている。

【0006】基板22上には、半導体レーザチップ1から出射されるレーザ光8を検出するレーザ光検出器9、外部から入射してくる光を検出する光検出器10、レーザ光8を反射する反射鏡11がそれぞれ設けられている。反射鏡11で反射されたレーザ光8の出射方向と、外部から光検出器10へ入射してくる光の入射方向を、基板22の表面の法線方向に対してほぼ平行にすることにより、外部の光学系(図示せず)と効率良く結合することができる。

【0007】また、図14には示されていないが、基板22上には、光検出器10から出力される信号を增幅する增幅回路、增幅回路から出力される信号に演算を行う演算回路、半導体レーザチップ1の駆動回路等の回路が設けられている。

【0008】上記半導体レーザ装置Aおよび半導体レーザ装置Bは、レーザマウント2または基板22を構成す

る材料がSiであり、半導体レーザチップ1との熱膨張率の差が小さいために、半導体レーザチップ1にかかる応力は小さい。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の半導体レーザ装置Aにおいてはレーザマウント2、従来の半導体レーザ装置Bにおいては基板22が、放熱性の不十分なSiでそれぞれ構成されているために、半導体レーザチップ1に劣化が生じ、半導体レーザチップ1の所望の寿命を確保することができないという問題があった。

【0010】そこで、従来の半導体レーザ装置Aにおいては、レーザマウント2を構成する材料として、Siではなく、SiC、AlN、ダイヤモンド等、半導体レーザチップ1との熱膨張率の差が小さく、かつSiよりも熱伝導率の高い材料を用いて、放熱性を向上する方法が提案されている(特開平2-138785号公報)ものの、これらは非常に堅い材料であるため、加工が困難であり、それに伴い加工コストが高いという問題があった。

【0011】また、半導体レーザ装置Bにおいては、基板22の放熱性を向上させるための発明は、まだなされておらず、半導体レーザチップ1の所望の寿命は確保されていない。

【0012】本発明は、半導体レーザチップにかかる応力を十分に抑え、製造が容易で、かつ放熱性の高い半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、レーザマウント上に半導体レーザチップを設け、前記レーザマウントに、開口が前記半導体レーザチップの反対側に位置するように凹部を設け、前記凹部に前記レーザマウントの熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体を充填するものである。この構成では、放熱体の熱伝導率がレーザマウントの熱伝導率よりも高いため、半導体レーザ装置の放熱性が向上する。

【0014】また、本発明の半導体レーザ装置は、レーザマウント上にレーザマウントの熱伝導率よりも高い熱伝導率を有する放熱体層を設け、前記放熱体層上に半導体レーザチップを設けたものである。この構成では、半導体レーザチップで発生した熱が放熱体層に吸収された後、放熱体層の主平面に平行な方向に広く拡散されるので、半導体レーザ装置の放熱性が向上する。

【0015】また、前記放熱体を用いる構成と前記放熱体層を用いる構成とを併用した半導体レーザ装置を構成すれば、放熱性がさらに向上することはいうまでもない。

【0016】さらに、基板上に半導体レーザチップを搭載し、前記基板上に半導体レーザチップから出射されるレーザ光を検出するレーザ光検出器、外部から入射して

くる光を検出する光検出器、前記光検出器から出力される信号を增幅する增幅回路、前記增幅回路から出力される信号を演算する演算回路、および前記半導体レーザチップの駆動回路のうち、少なくとも一つの検出器または回路を有する半導体レーザ装置においても、前記基板と半導体レーザチップとの間に前記放熱体層を介する構成、または、前記基板に前記放熱体を充填する構成を用いることによって、半導体レーザ装置の放熱性を向上させることができる。

【0017】また、前記放熱体を用いる構成と前記放熱体層を用いる構成とを併用した半導体レーザ装置を構成すれば、放熱性がさらに向上することはいうまでもない。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】発明者は、種々の検討の結果、次のような知見を得ている。すなわち、レーザマウントや、光検出器などの回路素子を形成した基板において、半導体レーザチップを搭載する側の材料と半導体レーザチップとの熱膨張率差が $4 \times 10^{-6}$  K程度以下の場合には、半導体レーザチップにかかる応力は十分に抑えられること、また、半導体レーザチップを搭載する側の材料と、半導体レーザチップとの熱膨張率差が $1.2 \times 10^{-6}$  K程度と大きな場合では、その材料の厚さを $50 \mu m$ 以下とすることにより、熱膨張率差に起因する半導体レーザチップにかかる応力を低減することができる。

【0019】次に、本発明の実施の形態について図1ないし図12を用いて説明する。

(実施の形態1) 図1は本発明の実施の形態1における半導体レーザ装置の断面を示す図である。図1において、GaAs等の化合物半導体により形成された半導体レーザチップ1、電極層12、Si基板で作製したレーザマウント2、およびヒートシンク3は、半田ソルダー等を用いた熱間圧着等によりそれぞれ固定されている。レーザマウント2の凹部2aには、シリコン(Si)よりも熱伝導率の高い銅(Cu)で構成された放熱体4が充填されており、また凹部2aの内面には放熱体4を電解メッキするための電極として金属膜13が設けられている。なお、図1に示すように、凹部2aにおけるレーザマウント2の厚さ $t_2$ は $80 \mu m$ である。

【0020】次に、上記半導体レーザ装置の製造方法について、図2を用いて説明する。まず、図2(a)に示すように、Si基板5にフォトリソグラフィ技術によりパターンを形成し、エッチングにより凹部2aを形成する。次に、図2(b)に示すように、真空蒸着によりSi基板5の凹部2aの開口が存在する面に金属膜13を形成し、その上からCuをメッキする。さらに、図2(c)に示すように、凹部2a以外の部分にメッキされたCuおよび凹部2a以外の部分の金属膜13を研磨により除去する。このように、Si基板5の凹部2aの内部にだけCuを残し、他の領域においては、延伸性の高

いCuを研磨によりあらかじめ除去することにより、後の工程でSi基板5からレーザマウント2を切り出す時の、ばりの発生を防止している。

【0021】次に、真空蒸着により電極層12を形成した後、図2(d)に示すように、Si基板5からレーザマウント2を切り出す。最後に、半導体レーザチップ1と、放熱体4と一緒に形成されたレーザマウント2と、ヒートシンク3とを熱圧着し、半導体レーザ装置を完成させる。

【0022】以上のようにして得られた半導体レーザ装置は、レーザマウント2の凹部2aに充填された放熱体4の熱伝導率が、レーザマウント2の熱伝導率よりも高いために、図13に示す従来の半導体レーザ装置Aに比して放熱性が向上する。

【0023】また、GaAs等の化合物半導体により形成された半導体レーザチップ1と、Siより形成したレーザマウント2とは、互いに熱膨張率の差が小さいために、半導体レーザチップ1にかかる応力は十分小さい。

【0024】次に、GaAlAs系材料からなる半導体レーザチップ1を備えた半導体レーザ装置におけるレーザマウント2の凹部2aにおける厚さ $t_2$ と、半導体レーザ装置の熱抵抗 $R_{th}$ との関係を調べた実験(実験1)の結果について、図3を用いて説明する。

【0025】図3に示すグラフは、レーザマウント2の凹部2aにおける厚さ $t_2$ と、半導体レーザ装置の熱抵抗 $R_{th}$ (熱伝導率に反比例)との関係を示している。

【0026】図3から明らかなように、凹部2aにおけるレーザマウント2の厚さが薄いほど、半導体レーザ装置の熱抵抗は低くなることがわかる。これは放熱体4の熱伝導率がレーザマウント2の熱伝導率よりも大きいいためである。特に、凹部2aにおけるレーザマウント2の厚さが $100 \mu m$ 以下のとき、半導体レーザ装置の熱抵抗が急激に低くなっていることがわかる。図13に示す従来の半導体レーザ装置Aの熱抵抗が約 $80 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ であるのに対し、実施の形態1の半導体レーザ装置は、凹部2aにおける厚さが $100 \mu m$ 以下のとき、熱抵抗が $7 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 以下であり、レーザマウント2の放熱性が向上している。

【0027】一方、 $t_2$ が $20 \mu m$ 未満のときは、レーザマウント2と放熱体4の熱膨張率差から生じる応力により、レーザマウント2の反りや割れが発生する。したがって、 $t_2$ は $20 \mu m \sim 100 \mu m$ の範囲であることが望ましい。

【0028】次に、従来の半導体レーザ装置A、および実施の形態1の半導体レーザ装置を $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、出力 $80 \text{ mW}$ で動作させたときの動作電流を測定する実験(実験2)を行った結果について、図4を用いて説明する。

【0029】図4から明らかなように、図13に示す従来の半導体レーザ装置Aでは、動作時間が1500時間を超えると動作電流が急激に増加し(線b)、半導体レ

ーザチップ1の劣化が認められたのに対して、実施の形態1の半導体レーザ装置では、2000時間以上の連続安定動作を実現しており（線a）、放熱体1による放熱性向上の効果が現れていることがわかる。

【0030】なお、実施の形態1の半導体レーザ装置に類似する、図15に示す半導体レーザ装置Cが既に知られている。半導体レーザ装置Cでは、レーザマウント2の下に、Siよりも熱伝導率の高いダイヤモンドで構成されるダイヤモンド板15を配することにより、半導体レーザ装置の放熱性の向上が図られている。

【0031】しかしながら、半導体レーザ装置Cにおいては、ダイヤモンド板15とレーザマウント2とが、一面でしか固定されていないために、ダイヤモンド板15とレーザマウント2との熱膨張率の差に起因する応力により、ダイヤモンド板15とレーザマウント2とが剥がれ、半導体レーザチップ1とヒートシンク3との間の熱抵抗が増加し、半導体レーザチップ1の放熱が不十分となり、半導体レーザチップ1の動作に悪影響を及ぼすという重大な問題がある。

【0032】さらに、半導体レーザ装置Cにおいては、レーザマウント2とダイヤモンド板15とを別々に製造して組み立てるため、部品の製造コストが高くなり、かつ部品点数が多いために、組立コストも高くなるという問題がある。

【0033】これに対して、本発明の実施の形態1で示した半導体レーザ装置は、放熱体4が、ヒートシンク3と接する面以外の全ての面においてレーザマウント2に固定されているために、例えば、レーザマウント2と放熱体4とが、ある一面において剥がれたとしても、他面では固定されており、また、その構造上からも両者が剥離してしまうことを防止できる効果がある。

【0034】さらに、本発明の実施の形態1で示した半導体レーザ装置においては、レーザマウント2と放熱体4（従来の半導体レーザ装置Cのダイヤモンド板15に相当）とは、図2に示すように一体形成されているので、組立部品点数が少なく、部品コストおよび組立コストを低減することができる。

【0035】（実施の形態2）図5は本発明の実施の形態2における半導体レーザ装置の断面を示す図である。図5において、GaAs等の化合物半導体により形成された半導体レーザチップ1、電極層12、Cuで構成され、厚さが5.0μmの放熱体層7、Siで構成されるレーザマウント2、およびヒートシンク3は、半田ソルダ-等を用いた熱間圧着等によりそれぞれ固定されている。

【0036】実施の形態2においては、Siよりも熱伝導率の大きいCuで構成される放熱体層7が発熱源である半導体レーザチップ1に直に接しているために、半導体レーザチップ1がSiで構成されるレーザマウント2に接している従来の半導体レーザ装置Aに比して、レー

ザマウント2の放熱性が向上する。これは、図5の実線矢印に示すように、半導体レーザチップ1で発生した熱が放熱体層7に吸収された後、放熱体層7の主平面に平行な方向に広く拡散され、その結果、レーザマウント2のより広い範囲にわたって放熱が行われるためである。

【0037】また、放熱体層7を構成する材料として加工の容易な金属材料であるCuを用いることにより、メッキ処理により放熱体層7を形成することが可能となる。これにより、レーザマウント2にかかる加工コストを低減し、安価で半導体レーザ装置を作製することができる。

【0038】ところで、Cuで構成される放熱体層7とGaAsで構成される半導体レーザチップ1との熱膨張率の差は、Si基板5で作製したレーザマウント2と半導体レーザチップ1との熱膨張率の差よりも大きいために、半導体レーザチップ1とSiで構成されるレーザマウント2とが接している従来の構成に比して、半導体レーザチップ1にかかる応力は若干大きいと考えられるが、放熱体層7の厚さt<sub>2</sub>が5.0μmと薄いために、半導体レーザチップ1にかかる応力は十分小さい。

【0039】次に、実施の形態2の半導体レーザ装置の製造方法を図6に示す。まず、図6（a）に示すように、Si基板5上に真空蒸着により金属膜13を形成し、さらにその上にメッキ処理によりCuからなる放熱体層7を形成する。次に、図6（b）に示すように、真空蒸着により電極層12を形成した後、Si基板5からレーザマウント2を切り出す際に切りしろ部分16となる電極層12および放熱体層7をエッチングにより除去する。延伸性が高いCuからなる放熱体層7をあらかじめ除去することにより、Si基板5からレーザマウント2を切り出す工程において、ばりの発生を防止することができる。実際、この切りしろ部分16を除去しない場合に比べて、レーザマウント2の加工歩留まりは約30%高くなつた。

【0040】最後に、図6（c）に示すように、Si基板5から切り出したレーザマウント2を介して、半導体レーザチップ1をヒートシンク3に搭載し、半導体レーザ装置を完成させる。

【0041】次に、GaAlAs系材料からなる半導体レーザチップ1を備えた半導体レーザ装置を用いて、放熱体層7の厚さt<sub>2</sub>と、半導体レーザ装置の熱抵抗Rthとの関係を調べた実験（実験3）の結果について、図7を用いて説明する。

【0042】図7から明らかなように、放熱体層7を厚くするほど半導体レーザ装置の熱抵抗が低くなることがわかる。また、図13に示した従来の半導体装置Aの熱伝導率が8.0°C/Wであることから、放熱体層7が薄い場合においても、半導体レーザ装置の熱抵抗が低くなり、放熱性向上の効果が現れていることがわかる。

【0043】次に、図13に示した従来の半導体レーザ

装置A、放熱体層7の厚さを $50\mu\text{m}$ とした場合の実施の形態2の半導体レーザ装置、および放熱体層7の厚さを $80\mu\text{m}$ とした場合の実施の形態2の半導体レーザ装置を、それぞれ $70^\circ\text{C}$ 、出力 $80\text{mW}$ で動作させたときの動作電流を測定した実験(実験4)の結果を、図8を用いて説明する。

【0044】図8から明らかなように、従来の半導体レーザ装置A(線a)は、動作時間が $1500$ 時間を超えると動作電流が急激に増加し、半導体レーザチップ1の劣化が認められるのに対して、放熱体層7の厚さが $50\mu\text{m}$ である場合の実施の形態2の半導体レーザ装置(線c)は、 $2000$ 時間以上の連続安定動作を実現していることがわかる。一方、放熱体層7の厚さを $80\mu\text{m}$ とした構成(線b)では、安定に動作しているものの、動作電流の増加率が大きい。これは、放熱体層7の厚さが $50\mu\text{m}$ を越えると、放熱体層7と半導体レーザチップ1との熱膨張率差に起因する応力が大きくなり、半導体レーザチップ1を劣化させているためである。

【0045】なお、放熱体層7と電極層12との間にバリア層(図示せず)を形成すると、半導体レーザチップ1とレーザマウント2との接着強度が向上するため、接着界面における接触熱抵抗を軽減することができる。

【0046】その他、図9に示すように、上記実施の形態1で用いた放熱体4および実施の形態2において用いた放熱体層7の両方を有する半導体レーザ装置を構成すれば、半導体レーザ装置の放熱性がさらに向上することはいうまでもない。

【0047】(実施の形態3)図10は本発明の実施の形態3の半導体レーザ装置の断面を示す図である。

【0048】図10において、半導体レーザチップ1、Siで構成される基板22、およびヒートシンク3は、半田ソルダー等を用いた熱間圧着によりそれぞれ固定されている。基板22の四部22aには、Siよりも熱伝導率の高い放熱体4であるCuが充填されている。基板22の四部22aの厚さは $80\mu\text{m}$ である。

【0049】基板22上には、半導体レーザチップ1から出射されるレーザ光8を検出するレーザ光検出器9、外部から入射してくる光を検出する光検出器10、レーザ光8を反射する反射鏡11がそれぞれ設けられている。反射鏡11は、反射鏡11で反射されたレーザ光8の出射方向と、外部から光検出器10へ入射してくる光の入射方向を、基板22の主平面の法線方向に対してほぼ平行となるように配されている。

【0050】また、図10には示されていないが、基板22上に、光検出器10から出力される信号を増幅する増幅回路、この増幅回路から出力された信号に演算を行う演算回路、半導体レーザチップ1の駆動回路等の回路が設けられている。

【0051】実施の形態3における半導体レーザ装置は、実施の形態1において奏する効果に加えて、半導体

レーザチップ1と、光検出器10等の回路素子を基板22上に集積化することにより、半導体レーザ装置の小型化が可能である。これにより、半導体レーザ装置を用いる光ピックアップ等の機器の小型化を図ることができる。

【0052】さらに、半導体レーザチップ1から出射されるレーザ光8を、基板22を構成する半導体基板表面の法線方向に対してほぼ平行に反射する反射鏡11を設け、この反射鏡11で反射されたレーザ光8の出射方向と、外部から光検出器10に入射してくる光の入射方向とをほぼ平行にすることにより、外部の光学系(図示せず)と容易に効率良く結合することができる。

【0053】(実施の形態4)図11は本発明の実施の形態4の半導体レーザ装置の断面を示す図である。

【0054】図11において、半導体レーザチップ1、Cuで構成され、厚さが $50\mu\text{m}$ の放熱体層7、Siで構成される基板22、およびヒートシンク3は、半田ソルダー等を用いた熱間圧着によりそれぞれ固定されている。

【0055】基板22上には、半導体レーザチップ1から出射されるレーザ光8を検出するレーザ光検出器9、外部から入射してくる光を検出する光検出器10、レーザ光8を反射する反射鏡11がそれぞれ設けられている。反射鏡11は、この反射鏡11で反射されたレーザ光8の出射方向と、外部から光検出器10へ入射してくる光の入射方向を、基板22の主平面の法線方向に対してほぼ平行となるように配されている。

【0056】また、図11には示されていないが、基板22上に、光検出器10から出力される信号を増幅する増幅回路、この増幅回路から出力される信号に演算を行う演算回路、半導体レーザチップ1の駆動回路等の回路が設けられている。

【0057】実施の形態4における半導体レーザ装置は、実施の形態2において奏する効果に加えて、半導体レーザチップ1と、光検出器10等の回路素子を基板22上に集積化することにより、半導体レーザ装置の小型化が可能である。これにより、半導体レーザ装置を用いる光ピックアップ等の機器の小型化を図ることができる。

【0058】さらに、半導体レーザチップ1から出射されるレーザ光8を、基板22を構成する半導体基板表面の法線方向に対してほぼ平行に反射する反射鏡11を設け、この反射鏡11で反射されたレーザ光8の出射方向と、外部から光検出器10に入射してくる光の入射方向とをほぼ平行にすることにより、外部の光学系(図示せず)と容易に効率良く結合することができる。

【0059】その他、図12に示すように、上記実施の形態3で用いた放熱体4および実施の形態4において用いた放熱体層7の両方を有する半導体レーザ装置を構成すれば、半導体レーザ装置の放熱性がさらに向上するこ

とはいっても良い。

【0060】以上、上記4つの各実施の形態においては、ヒートシンク3となるパッケージの形状としては、キャンタイブやリードフレームタイプ等の形状が考えられ、またパッケージを構成する材料には特に制限はない。

【0061】また、半導体レーザチップ1に用いる材料系として、例えば、GaAlAs系、InGaAlP系、InP系、InGaAsP系、ZnSe系、ZnCdSSe系、ZnMgSSe系、GaN系、InGaN系、AlGaN系等が挙げられる。

【0062】実施の形態1および実施の形態3の半導体レーザ装置においては、凹部2aまたは凹部22aに充填する材料をCuとしたが、ダイヤモンド等のCを構成元素とする材料を、選択的に成長させて放熱体4を形成すると、熱伝導率の非常に大きな放熱体4を形成できるので、半導体レーザ装置の放熱性が大きく向上する。また、Au、Ag等の材料を用いてもよく、これらを含む複数の材料を用いてもよい。この場合、Cuと同様にAu、Ag等、加工性に富む金属材料を用いることにより、メッキ処理、溶射、真空蒸着等の方法で、凹部2aまたは凹部22aを充填することが可能となるので、レーザマウント2または基板22にかかる加工コストを低減することができる。

【0063】実施の形態2および実施の形態4の半導体レーザ装置においては、放熱体層7をCuにより形成する構成としたが、ダイヤモンド等、Cを構成元素とする材料を、選択的に成長させて放熱体層7を形成すると、熱伝導率の非常に大きな放熱体層7を形成できるので、半導体レーザ装置の放熱性が大きく向上する。また、放熱体層7には、Au、Ag等の材料を用いても良く、ダイヤモンド、Cu、Au、Ag等を含む複数の材料を用いても良い。Au、Ag等加工性に富む金属材料を用いた場合、Cuと同様にメッキ処理、溶射、真空蒸着等の方法により、レーザマウント2または基板22上に放熱体層7を形成できるので、レーザマウント2または基板22にかかる加工コストを低減することができる。

【0064】次に、実施の形態1および実施の形態2においては、レーザマウント2を構成する材料をSiとしているが、SiC、AlN等の材料を用いることによって、半導体レーザ装置の放熱性がより向上する。

【0065】また、実施の形態1および実施の形態2においては、半導体レーザチップ1、レーザマウント2、ヒートシンク3等からなる構成を例に述べたが、これらに加えて、半導体レーザチップ1の前方または後方から出射されるレーザ光を検出するレーザ光検出器、外部から入射してくる光を検出する光検出器、光検出器からの信号を増幅する増幅回路、増幅回路からの信号を演算する演算回路、半導体レーザの駆動回路等を形成した半導体装置を、ヒートシンクとなるパッケージに一緒に搭載

する構成としても良い。

【0066】さらに、実施の形態3および実施の形態4においては、基板22を構成する材料をSiとしているが、SiC等の材料を用いることによって、半導体レーザ装置の放熱性がより向上する。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザ装置は、レーザマウント上に半導体レーザチップを有し、前記レーザマウントに、開口が前記半導体レーザチップの反対側に位置するように凹部を設け、凹部にレーザマウントよりも熱伝導率が大きい放熱体を充填することにより、半導体レーザチップで発生した熱をレーザマウントに効率よく吸収することができ、またレーザマウントと放熱体とを一体形成することができるため、組立が容易でかつ、レーザマウントと放熱体とが剥がれるのを防止することができ、ひいては半導体レーザ装置の放熱性を向上させることができる。

【0068】また、レーザマウントと、レーザマウント上に設けられた放熱体層と、放熱体層上に設けられた半導体レーザチップとを有する半導体レーザ装置において、放熱体層の熱伝導率をレーザマウントの熱伝導率よりも大きくすることにより、半導体レーザチップで発生した熱を放熱体層の主平面に平行な方向に広く拡散させることができ、半導体レーザチップへの応力を増加させることなく、半導体レーザ装置の放熱性を向上させることができる。

【0069】また、前記放熱体を用いる構成と前記放熱体層を用いる構成とを併用した半導体レーザ装置においては、放熱性をさらに向上させることができる。

【0070】また、基板上に半導体レーザチップを有し、前記基板上に前記半導体レーザチップから出射されるレーザ光を検出するレーザ光検出器、外部から入射してくる光を検出する光検出器、前記光検出器から出力される信号を増幅する増幅回路、前記増幅回路から出力される信号を演算する演算回路、および前記半導体レーザチップの駆動回路のうち、少なくとも一つの検出器または回路を有する半導体レーザ装置の基板に、前記放熱体または前記放熱体層もしくは双方を併用して設けた構成においても、同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の断面図

【図2】本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図

【図3】同半導体レーザ装置における凹部のレーザマウントの厚さと、半導体レーザ装置の熱抵抗との関係を示す図

【図4】同半導体レーザ装置における動作時間と動作電流との関係を示す図

【図5】本発明の実施の形態2の半導体レーザ装置の断

## 面図

【図6】本発明の実施の形態2の半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図

【図7】同半導体レーザ装置における放熱体層の厚さと、半導体レーザ装置の熱抵抗との関係を示す図

【図8】同半導体レーザ装置における動作時間と動作電流との関係を示す図

【図9】本発明の実施の形態2の他の半導体レーザ装置の断面図

【図10】本発明の実施の形態3の半導体レーザ装置の断面図

【図11】本発明の実施の形態4の半導体レーザ装置の断面図

【図12】本発明の実施の形態4の他の半導体レーザ装置の断面図

【図13】従来の半導体レーザ装置Aの断面図

【図14】従来の半導体レーザ装置Bの断面図

【図15】従来の半導体レーザ装置Cの断面図

## 【符号の説明】

1 半導体レーザチップ

2 レーザマウント

2a, 22a 凹部

3 ヒートシンク

4 放熱体

5 Si 基板

7 放熱体層

8 レーザ光

9 レーザ光検出器

10 光検出器

11 反射鏡

12 電極層

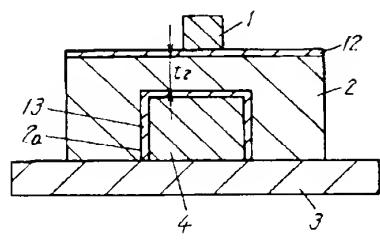
13 金属膜

15 ダイヤモンド板

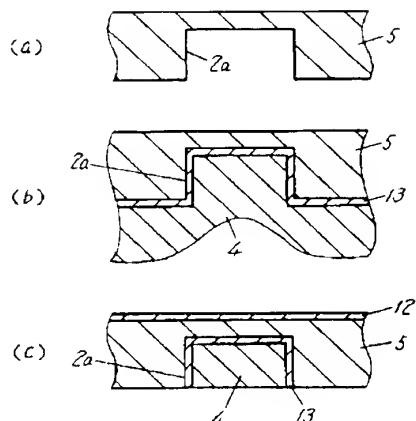
16 切りしろ部分

22 基板

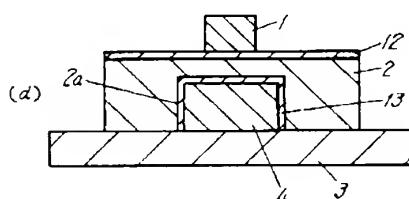
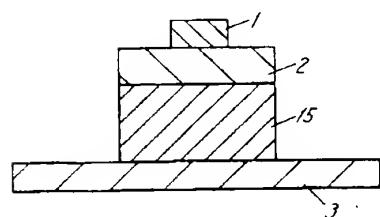
【図1】



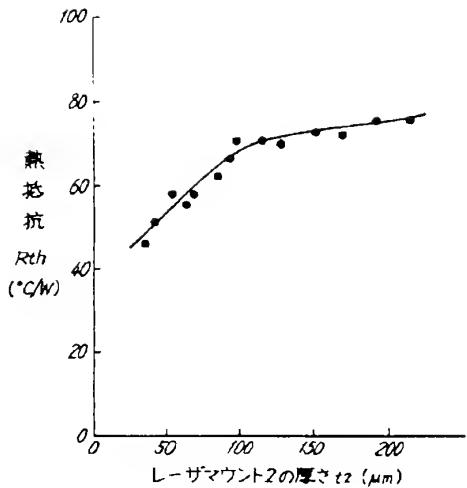
【図2】



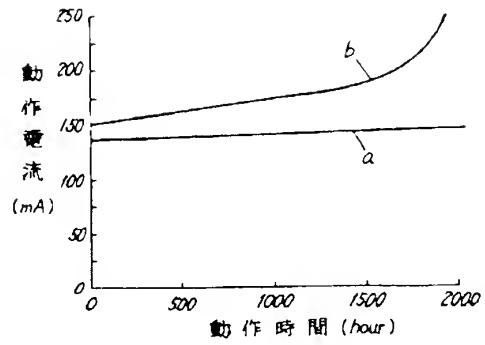
【図15】



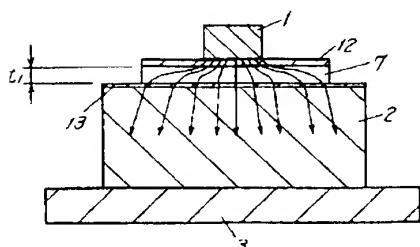
【図3】



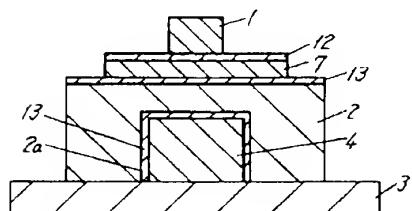
【図4】



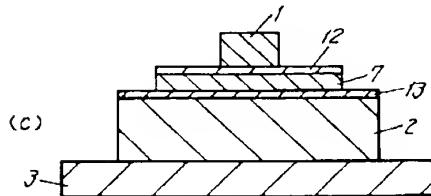
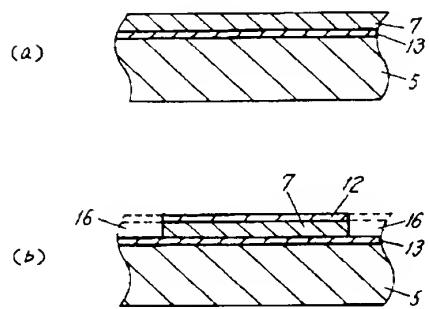
【図5】



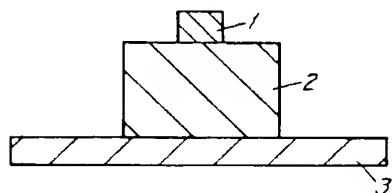
【図9】



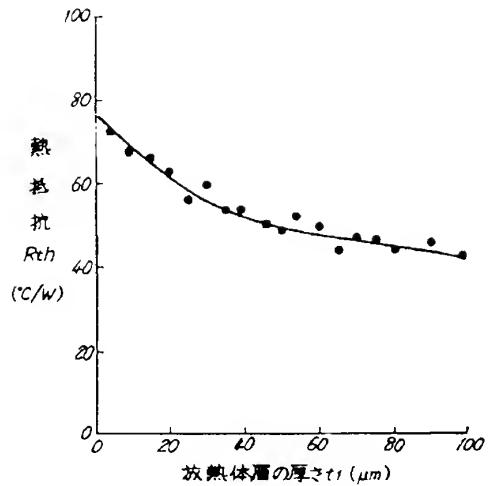
【図6】



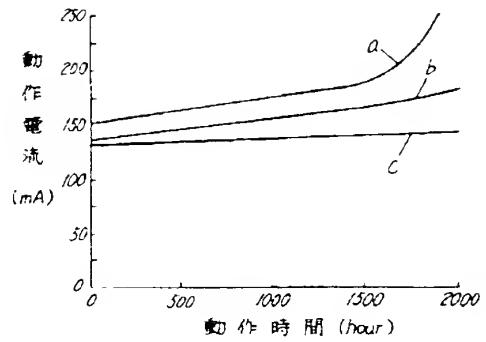
【図13】



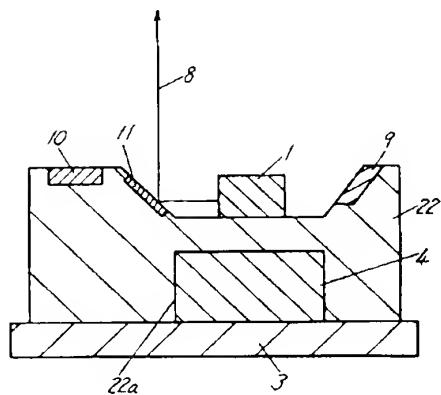
【図7】



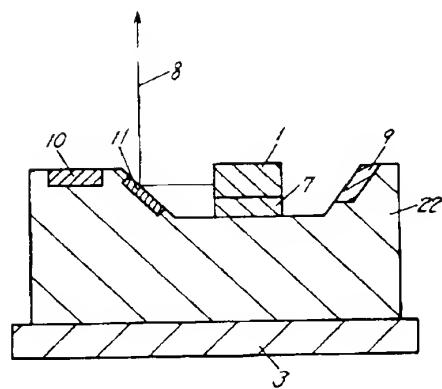
【図8】



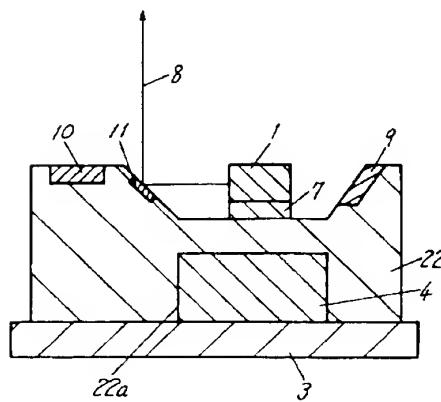
【図10】



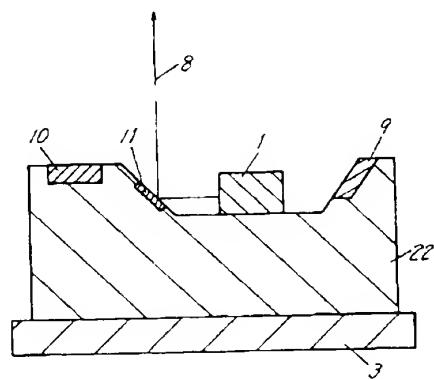
【図11】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 吉村 明夫  
大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内